



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の面に接地導体が形成された第1の誘電体の第2の面上に、互いに電磁的に結合するように近接して形成され、かつそれぞれ1/4波長の長さを有する2本の結合線路用マイクロストリップ導体を形成してなり、上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体が形成された第1の誘電体の第2の面上に上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体と互いに電磁的に結合するように近接して、第2の誘電体を介して浮遊導体を形成した方向性結合器において、

上記浮遊導体の長手方向の両端を第1と第2の端子とし、

上記第1と第2の端子の少なくとも1つに可変抵抗素子を介して接地し、

上記可変抵抗素子の抵抗値を変化することにより、上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体間の結合度を变化させることを特徴とする方向性結合器。

【請求項2】 上記可変抵抗素子は、直流電圧を変化させることができる可変直流電源と、上記第1又は第2の端子に接続されたドレインと、接地されたソースと、上記可変直流電源に接続されたゲートとを有する電界効果トランジスタとを備えたことを特徴とする請求項1記載の方向性結合器。

【請求項3】 請求項1又は2記載の方向性結合器において、2本の結合線路用マイクロストリップ導体の互いに対向しない各一端を終端又は短絡とし、

終端又は短絡していない2本の結合線路用マイクロストリップ導体の互いに対向しない各他端をそれぞれ入力端子と出力端子とし、

上記可変抵抗素子の抵抗値を変化することにより、上記入力端子と上記出力端子との間の減衰量が増加する可変減衰器として動作することを特徴とする方向性結合器。

【請求項4】 上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体の直下の接地導体にスロットをさらに形成したことを特徴とする請求項1、2又は3記載の方向性結合器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、1/4波長結合線路型方向性結合器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、方向性結合器は、90度合成器又は90度分配器として使用され、マイクロ波回路では、フィルタ回路、平衡型増幅器や平衡型ミキサなどの種々の回路に適用されている。

【0003】 図14及び図15に、第1の従来例の1/4波長結合線路型方向性結合器を示す。図15に示すように、誘電体基板11上に接地導体12が形成された後、当該接地導体12上に誘電体層21を介して、2本の結合線路用マイクロストリップ導体31、32が所定

の間隔だけ離れてしかも互いに電磁的に結合するように近接して形成される。しかしながら、上記結合線路型方向性結合器では2本の結合線路用マイクロストリップ導体31、32の間隔を極端に小さくしないと密結合の結合線路を構成することはできないという問題点があった。

【0004】 この問題点を解決するために、本出願人は、特願平05-135749号の特許出願（特開平06-350313号公報）において、改善された1/4波長結合線路型方向性結合器（以下、第2の従来例という。）を提案している。この第2の従来例においては、図16に示すように、2本の結合線路用マイクロストリップ導体31、32と互いに電磁的に結合するように近接して、別の誘電体層22を介して浮遊導体50を形成している。

【0005】 ここで、上記第2の従来例の動作原理を図3を用いて以下に説明する。一般に1/4波長結合線路型方向性結合器における結合度Kは、偶モード（同相励振）時の特性インピーダンス $Z_{even}$ と、奇モード（逆相励振）時の特性インピーダンス $Z_{odd}$ を用いて、もしくは、各導体間の静電容量を用いて、それぞれ次式で表現できる。

## 【0006】

【数1】  $K = 20 \log (Z_{even} - Z_{odd}) / (Z_{even} + Z_{odd})$

【数2】  $K = 20 \log \{ C_{12} / (C_{10} + C_{12}) \}$

【0007】 ここで、 $C_{12}$ はマイクロストリップ導体31、32間の静電容量であり、 $C_{10}$ はマイクロストリップ導体31と接地導体12間の静電容量であり、 $C_{12}$ はマイクロストリップ導体32と接地導体12間の静電容量である。まず、接地導体12と浮遊導体50は十分に離れており、この間には電気力線は存在しないと仮定する。偶モード時ではキルヒホッフの法則より、浮遊導体50とマイクロストリップ導体31、32間には電気力線は存在せず同電位となり、接地導体12に設けたスロット12cの効果で静電容量 $C_{12}$ 又は $C_{10}$ は小さくなり、偶モードの特性インピーダンス $Z_{even}$ は大きくなる。奇モード時では、マイクロストリップ導体31、32の電位は絶対値が等しく符号が逆となることから、同様にキルヒホッフの法則より、浮遊導体50は零電位となり、浮遊導体50の効果も含めた静電容量 $C_{12}$ は大きく、奇モードの特性インピーダンス $Z_{odd}$ は小さくなる。従って、上記数1又は数2より、密結合の結合線路を構成できることが分かる。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述の構造では、浮遊導体50は回路的に端子として使用しておらず、上記方向性結合器は、結合度Kが一定の4端子方向性結合器としてのみ機能し、その結合度Kを変化させることはできない。

【0009】本発明の目的は以上の問題点を解決し、結合度を変化させることができる方向性結合器を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明に係る請求項1記載の方向性結合器は、第1の面に接地導体が形成された第1の誘電体の第2の面上に、互いに電磁的に結合するように近接して形成され、かつそれぞれ $1/4$ 波長の長さを有する2本の結合線路用マイクロストリップ導体を形成してなり、上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体が形成された第1の誘電体の第2の面上に上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体と互いに電磁的に結合するように近接して、第2の誘電体を介して浮遊導体を形成した方向性結合器において、上記浮遊導体の長手方向の両端を第1と第2の端子とし、上記第1と第2の端子の少なくとも1つに可変抵抗素子を介して接地し、上記可変抵抗素子の抵抗値を変化することにより、上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体間の結合度を変化させることを特徴とする。

【0011】また、請求項2記載の方向性結合器は、請求項1記載の方向性結合器において、上記可変抵抗素子は、直流電圧を変化させることができる可変直流電源と、上記第1又は第2の端子に接続されたドレインと、接地されたソースと、上記可変直流電源に接続されたゲートとを有する電界効果トランジスタとを備えたことを特徴とする。

【0012】さらに、請求項3記載の方向性結合器は、請求項1又は2記載の方向性結合器において、2本の結合線路用マイクロストリップ導体の互いに対向しない各一端を終端又は短絡とし、終端又は短絡していない2本の結合線路用マイクロストリップ導体の互いに対向しない各他端をそれぞれ入力端子と出力端子とし、上記可変抵抗素子の抵抗値を変化することにより、上記入力端子と上記出力端子との間の減衰量が変化する可変減衰器として動作することを特徴とする。

【0013】またさらに、請求項4記載の方向性結合器は、請求項1、2又は3記載の方向性結合器において、上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体の直下の接地導体にスロットをさらに形成したことを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明に係る実施形態について説明する。

【0015】<第1の実施形態>図1は、本発明に係る第1の実施形態である $1/4$ 波長結合線路型方向性結合器の平面図及び回路図であり、図2は図1の方向性結合器において浮遊導体50と誘電体層22とを除去したときの平面図であり、図3は図1の方向性結合器のA-A'線についての縦断面図であり、図4は、図1の方向性結合器のB-B'線についての縦断面図である。図1

乃至図4において、従来例の図14乃至図16と同一のものについては同一の符号を付している。また、図1及び図2の平面図において、上方から見て見えないものについては点線で描いている。

【0016】この第1の実施形態の方向性結合器は、第1の面に接地導体12が形成された誘電体層21の第2の面上に、互いに電磁的に結合するように近接して形成され、かつそれぞれ $1/4$ 波長の長さを有する2本の結合線路用マイクロストリップ導体31、32を形成してなり、上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体31、32が形成された誘電体層21の第2の面上に上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体31、32と互いに電磁的に結合するように近接して、誘電体層22を介して浮遊導体50を形成し、さらに、上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体31、32の直下の接地導体12にスロット12cを形成した方向性結合器において、上記浮遊導体50の長手方向の両端を第1と第2の端子71t、72tとし、上記第1と第2の端子71t、72tの両方にそれぞれ可変抵抗素子Rv1、Rv2を介して接地し、上記可変抵抗素子Rv1、Rv2の抵抗値を変化することにより、上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体31、32間の結合度Kを変化させることを特徴とする。ここで、上記可変抵抗素子Rv1、Rv2はそれぞれ、直流電圧を変化させることができる可変直流電源Vc1、Vc2と、上記第1又は第2の端子71t、72tに接続されたドレインと、接地されたソースと、上記可変直流電源Vc1、Vc2に接続されたゲートとを有する電界効果トランジスタ（以下、FETという。）TR1、TR2とを備える。

【0017】図1乃至図4に示すように、半導体基板11上に接地導体12が形成され、その上に、例えばポリイミド樹脂などの有機材料にてなる誘電体層21が形成される。ここで、半導体基板11の四隅に入出力用コプレーナ線路51、52、53、54が形成される。コプレーナ線路51は、中心導体41とその両側に形成された接地導体12とから構成され、コプレーナ線路52は、中心導体42とその両側に形成された接地導体12とから構成される。また、コプレーナ線路53は、中心導体43とその両側に形成された接地導体12とから構成され、コプレーナ線路54は、中心導体44とその両側に形成された接地導体12とから構成される。さらに、接地導体12において、後に形成される2本のマイクロストリップ導体31、32の直下部の領域に、例えば、リフトオフプロセスを用いて、矩形形状のスロット12cが形成される。ここで、上記リフトオフプロセスの代わりにエッチングプロセスを用いてもよい。スロット12cは、2本のマイクロストリップ導体31、32が占有する幅よりも広い幅を有し、かつ $(1/4)\lambda_g$ よりも若干長い長手方向の長さを有する。

【0018】ここで、コプレーナ線路51の接続端を端

子T1とし、コプレーナ線路52の接続端を端子T4とし、コプレーナ線路53の接続端を端子T2とし、コプレーナ線路54の接続端を端子T3とする。

【0019】また、上記誘電体層21上に、2本のマイクロストリップ導体31、32が、所定の間隔だけ離れてかつ各長手方向が互いに平行となるように、しかも互いに電磁的に結合するように近接して形成される。ここで、各マイクロストリップ導体31、32は $(1/4)\lambda_g$ の長手方向の長さを有する。なお、実際上は、偶モードの管内波長と奇モードの管内波長とが互いに異なるため、各マイクロストリップ導体31、32の長手方向の長さは、それらの平均の管内波長 $\lambda_g$ に設定している。

【0020】さらに、マイクロストリップ導体31の一端は、図4に示すように、誘電体層21を厚さ方向に貫通するスルーホール内に充填されたスルーホール導体62を介して中心導体42に電気的に接続され、マイクロストリップ導体31の他端は、同様に、誘電体層21を厚さ方向に貫通するスルーホール内に充填されたスルーホール導体61(図2参照。)を介して中心導体41に電気的に接続される。また、マイクロストリップ導体32の一端は、図4に示すように、誘電体層21を厚さ方向に貫通するスルーホール内に充填されたスルーホール導体64を介して中心導体44に電気的に接続され、マイクロストリップ導体32の他端は、同様に、誘電体層21を厚さ方向に貫通するスルーホール内に充填されたスルーホール導体63(図2参照。)を介して中心導体43に電気的に接続される。

【0021】ここで、誘電体層21を挟設するマイクロストリップ導体31と接地導体12とにより、第1のマイクロストリップ線路を構成する一方、誘電体層21を挟設するマイクロストリップ導体32と接地導体12とにより、第2のマイクロストリップ線路を構成する。

【0022】さらに、2本のマイクロストリップ導体31、32が形成された誘電体層21上に、誘電体層21と同一の材料にてなる誘電体層22が形成され、その誘電体層22上に、2本のマイクロストリップ導体31、32の直上部に、当該マイクロストリップ導体31、32の長手方向と平行な長手方向の $1/4\lambda_g$ の長さの2辺を有しかつ当該マイクロストリップ導体31、32の長手方向と直交する所定の幅の2辺を有する長方形の浮遊導体50が形成される。さらに、浮遊導体50の長手方向の一端には、導体幅が狭くなるテーパー接続導体71を介して端子71tが接続される一方、浮遊導体50の長手方向の他端には、導体幅が狭くなるテーパー接続導体72を介して端子72tが接続される。ここで、テーパー接続導体71、72及び端子71t、72tは誘電体層22上に形成される。

【0023】端子71tは、ソース接地のFETTR1のドレインに接続され、FETTR1のゲートは、ドレ

イン・ソース間に流れる信号の漏洩を防止するための例えば数 $k\Omega$ の抵抗 $R_{c1}$ を介して、出力電圧を変化することができる可変直流電源 $V_{c1}$ の負極に接続される。可変直流電源 $V_{c1}$ の正極は接地される。ここで、可変直流電源 $V_{c1}$ の出力電圧 $V_c$ を変化することにより、FETTR1のゲートへの印加電圧を変化し、これにより、FETTR1のドレイン・ソース間の抵抗値を変化させる。すなわち、FETTR1と、抵抗 $R_{c1}$ と、可変直流電源 $V_{c1}$ とは、可変抵抗値 $R_v$ の可変抵抗素子 $R_{v1}$ を構成する。

【0024】一方、端子72tは、ソース接地のFETTR2のドレインに接続され、FETTR2のゲートは、ドレイン・ソース間に流れる信号の漏洩を防止するための例えば数 $k\Omega$ の抵抗 $R_{c2}$ を介して、出力電圧を変化することができる可変直流電源 $V_{c2}$ の負極に接続される。可変直流電源 $V_{c2}$ の正極は接地される。ここで、可変直流電源 $V_{c2}$ の出力電圧 $V_c$ を変化することにより、FETTR2のゲートへの印加電圧を変化し、これにより、FETTR2のドレイン・ソース間の抵抗値を変化させる。すなわち、FETTR2と、抵抗 $R_{c2}$ と、可変直流電源 $V_{c2}$ とは、可変抵抗値 $R_v$ の可変抵抗素子 $R_{v2}$ を構成する。以上で、第1の実施形態の方向性結合器が完成する。

【0025】以上のように構成された第1の実施形態の方向性結合器においては、浮遊導体50の両端子71t、72tをそれぞれ、それぞれFETTR1、TR2を備えた可変抵抗素子 $R_{v1}$ 、 $R_{v2}$ を介して接地することにより、FETTR1、TR2のドレイン・ソース間を可変抵抗素子として動作させ、当該可変抵抗素子の抵抗値を変化することにより、浮遊導体50の電位を無限大(オープン)から零電位(ショート)まで、順次変化させることができる。これを図5乃至図7を用いて説明する。

【0026】浮遊導体50の電位が無限大のときには、図5及び図6に示すように、第1の従来例と同様に、結合度 $K$ が増大した密結合線路として動作する。一方、浮遊導体50の電位が零電位になった場合には、偶モードでは、図8に示すように、マイクロストリップ導体31、32と浮遊導体50との間に静電容量 $C_{11}$ 及び $C_{12}$ (図3参照。)が生じ、接地導体に対する静電容量 $C_{10}$ 、 $C_{20}$ は大きくなり、結果として偶モードの特性インピーダンス $Z_{even}$ が小さくなる。

【0027】一方、奇モードでは可変抵抗素子 $R_{v1}$ 、 $R_{v2}$ の抵抗値に関係なく零電位であり、マイクロストリップ導体31、32間の静電容量 $C_{12}$ には変化なく、奇モードの特性インピーダンス $Z_{odd}$ は第1の従来例と比較して変化しない。従って、上記結合度 $K$ の値は、可変抵抗素子 $R_{v1}$ 、 $R_{v2}$ の抵抗値を変化して、偶モードの特性インピーダンス $Z_{even}$ を変化することにより、言い換えるとマイクロストリップ線路の対接地導

体の静電容量 $C_{12}$ 、 $C_{13}$ が変化することで自在に変えることができる。

【0028】以上のように構成された第1の実施形態において、例えばコプレーナ線路54を終端し、コプレーナ線路51にマイクロ波信号を入力したとき、当該方向性結合器のマイクロストリップ導体31の線路を介してコプレーナ線路52に出力するとともに、マイクロストリップ導体31と可変結合度で結合しているマイクロストリップ導体32の線路に出力され、これによって、上記マイクロ波信号が、コプレーナ線路53に出力される。

【0029】以上の第1の実施形態において、好ましくは、誘電体層21の誘電率を誘電体層22の誘電率に比較して低く設定される。これによって、偶モードにおいては、同電位となるマイクロストリップ導体31、32と浮遊導体50と、接地導体との間に、誘電率が比較的低い誘電体層21が介在しているの、接地導体12とマイクロストリップ導体31、32との間の静電容量 $C_{12}$ 及び $C_{13}$ がさらに小さくなる。一方、奇モードにおいては、マイクロストリップ導体31、32と浮遊導体50間の電界が、誘電率が比較的高い誘電体層22に閉じ込められているので、各マイクロストリップ導体31、32間の静電容量 $C_{12}$ がさらに増大する。従って、結合度Kをさらに増大させることができる。

【0030】また、以上の第1の実施形態において、浮遊導体50は誘電体層22上であって2本のマイクロストリップ導体31、32の直上部に形成しているが、本発明はこれに限らず、浮遊導体50は少なくとも、2本のマイクロストリップ導体31、32と電磁的に結合するように近接して形成すればよい。さらに、接地導体12のスロット12cは、マイクロストリップ導体31、32との間の静電容量 $C_{12}$ 及び $C_{13}$ を小さくするために、接地導体12が2本のマイクロストリップ導体31、32から所定の距離だけ離れるように形成すればよい。

【0031】さらに、以上の第1の実施形態において、結合度Kを増大させるために、結合線路用マイクロストリップ導体31、32の直下の接地導体12にスロット12cを形成しているが、本発明はこれに限らず、スロット12cを形成しなくてもよい。

【0032】図9は、図1の方向性結合器のシミュレーション結果である透過係数 $S_{11}$ 、 $S_{21}$ の周波数特性を示すグラフである。ここで、本発明者は、各素子のパラメータを次のように設定した。

(a) 誘電体層21の比誘電率 $\epsilon_r = 3.7$  (材料: ポリイミド)、

(b) 誘電体層21の高さ(厚さ)  $h_1 = 7.5 \mu\text{m}$ 、

(c) 誘電体層22の比誘電率 $\epsilon_r = 3.7$  (材料: ポリイミド)、

(d) 誘電体層22の高さ(厚さ)  $h_2 = 2.5 \mu\text{m}$ 、

(e) マイクロストリップ導体31、32の幅 $W_s = 15 \mu\text{m}$ 、

(f) マイクロストリップ導体31、32間の間隔 $W_g = 10 \mu\text{m}$ 、

(g) 浮遊導体50の幅 $W_f = 50 \mu\text{m}$ 、

(h) スロット12cの幅 $10 \mu\text{m}$ 、

(i) マイクロストリップ導体31、32の結合している部分の線路長 $= 1800 \mu\text{m}$ 。

ここで、端子T3は、例えば $50 \Omega$ の終端抵抗を介して接地した。

【0033】図9から明らかなように、端子T1から端子T4への透過係数 $S_{11}$ は、FETTR1、TR2への印加電圧 $V_c$ に関係なく一定の特性を示し、端子T1から端子T2への透過係数 $S_{21}$ は、FETTR1、TR2への印加電圧を変化させることによって、方向性結合器の結合度Kが変化し、通過帯域の中心周波数 $f_c$ を中心として対称に、端子T1から端子T4への透過係数 $S_{11}$ と、端子T1から端子T2への透過係数 $S_{21}$ は共に変化している。このように本発明の実施形態では、方向性結合器の結合度Kを自由に变化させることができる。また、小型・軽量の方向性結合器を構成することができる。また、この実施形態の方向性結合器を、通過量可変の帯域通過フィルタとして用いることができる。

【0034】＜第2の実施形態＞この第2の実施形態は、第1の実施形態において、2本の結合線路用マイクロストリップ導体31、32の互いに対向せず対角線上にある各一端子T2、T4を開放又は短絡し、2本の結合線路用マイクロストリップ導体31、32の互いに対向せず対角線上にある各他端子T1、T3をそれぞれ入力端子と出力端子とする。ここで、上記可変抵抗素子 $R_{v1}$ 、 $R_{v2}$ の抵抗値を变化することにより、入力端子T1と出力端子T3との間の減衰量が変化する可変減衰器として動作させる。

【0035】すなわち、第2の実施形態においては、第1の実施形態の方向性結合器において、結合線路用マイクロストリップ導体31、32の4個の端子T1、T2、T3、T4のうち、対角線上にあるアイソレーション・ポート、例えば、端子T1と端子T3を入出力ポートとして用いる一方、他方の組の両端子T2、T4を開放又は短絡することにより、2端子T1、T3を用いた2端子回路でオン・オフスイッチ(SPST: Single Pole Single Throw)を実現できる。また、本構成はFETTR1、TR2の印加電圧を調整することで可変減衰器としても動作する。

【0036】図10は、本発明に係る第2の実施形態の1/4波長結合線路型方向性結合器のシミュレーション結果である透過係数 $S_{11}$ の周波数特性を示すグラフである。図10から明らかなように、端子T1から端子T2への透過係数 $S_{11}$ は、FETTR1、TR2への印加電圧 $V_c$ を変化させることによって、通過帯域の中心周波

数 $f$ を中心として対称に透過係数 $S_{11}$ が変化している。このように本発明の実施形態では、方向性結合器の結合度 $K$ を自由に变化させることができる。これにより、入力端子 $T1$ と出力端子 $T3$ との間の減衰量を変化させる可変減衰器として動作させることができる。また、小型・軽量の可変減衰器を構成することができる。

【0037】<第1の変形例>図11は、本発明に係る第1の変形例である1/4波長結合線路型方向性結合器の(図1のA-A'線についての縦断面図に対応する)縦断面図である。図11に示すように、第1の実施形態に比較して、接地導体12においてスロット12cを形成していない。これにより、方向性結合器の結合度 $K$ は第1の実施形態に比較して若干低下するが、FETTR1、TR2への印加電圧 $V_c$ を変化させることにより、結合度 $K$ を変化させることができる。

【0038】<第2の変形例>図12は、本発明に係る第2の変形例である1/4波長結合線路型方向性結合器の(図1のA-A'線についての縦断面図に対応する)縦断面図である。図12に示すように、第1の実施形態に比較して、各マイクロストリップ導体31、32を、接地導体12のスロット12cの中央部の半導体基板11上に形成し、当該マイクロストリップ導体31、32の直上部の誘電体層21上に浮遊導体50を形成してもよい。すなわち、この第2の変形例における線路結合部においては2本のマイクロストリップ導体31、32とその両側とから構成されるダブルコプレーナ線路を構成している。これによって、第2の変形例は、第1の実施形態に比較して、誘電体層22を形成していないので、製造プロセスを簡単化するとともに、小型化することができる。以上の第2の変形例において、浮遊導体50は少なくとも2本のマイクロストリップ導体31、32と電磁的に結合するように形成すればよい。

【0039】<第3の変形例>図13は、本発明に係る第3の変形例である1/4波長結合線路型方向性結合器の(図1のA-A'線についての縦断面図に対応する)縦断面図である。この第3の変形例の方向性結合器は、半導体基板11上に、2本の結合線路用マイクロストリップ導体31、32を形成し、その上に誘電体層21を介して、上記マイクロストリップ導体31、32の直上部に、1/4 $\lambda_g$ の長手方向の長さを有する長方形の浮遊導体60を形成し、その上に、誘電体層22を介して、浮遊導体60の直上部に、スロット14cを有する接地導体14を形成したことを特徴とする。さらに、誘電体層21、22の側面に、接地導体12と接地導体14とを接続する接地導体13を形成した。

【0040】この第3の変形例において、偶モードでは、浮遊導体60と各マイクロストリップ導体31、32との間に電気力線が存在せず、これらが同電位である。ここで、接地導体14にスロット14cを形成しているため、偶モード時にマイクロストリップ導体31、

32と同電位となる浮遊導体60と接地導体14との間の静電容量 $C_{10}$ 、 $C_{20}$ を小さくすることができ、これによって、マイクロストリップ導体31、32と接地導体12、13、14との間の静電容量 $C_{10}$ 、 $C_{20}$ を小さくすることができる。一方、奇モードでは、浮遊導体60と接地導体14との間に電気力線が存在せず、これらが同電位である。従って、この第3の変形例においては、奇モードにおいて当該浮遊導体60の電位が零電位となって接地導体として動作するため、結果的に接地導体とマイクロストリップ導体31、32間の電極間距離が極めて近接することになり、マイクロストリップ導体31、32間の静電容量 $C_{12}$ が増大することになる。

【0041】すなわち、第3の変形例においては、接地導体14にスロット14cを形成することによってマイクロストリップ導体31、32と接地導体との間の静電容量 $C_{10}$ 及び $C_{20}$ を減少させる一方、奇モードの動作時に接地導体として動作する浮遊導体60を形成することによってマイクロストリップ導体31、32間の静電容量 $C_{12}$ を増大させる。これによって、結合度 $K$ を増大させることができる。

【0042】<他の変形例>以上の実施形態及び変形例において、誘電体基板11を用いているが、本発明はこれに限らず、これに代えて半導体基板を用いてもよい。

【0043】以上の第1と第2の実施形態において、FETTR1、TR2により可変抵抗素子 $R_{v1}$ 、 $R_{v2}$ を構成しているが、本発明はこれに限らず、可変抵抗素子などの可変抵抗素子を用いてもよい。

【0044】以上の第1と第2の実施形態においては、浮遊導体50の両端子71t、72tは、それぞれ可変抵抗素子 $R_{v1}$ 、 $R_{v2}$ を介して接地されているが、本発明はこれに限らず、浮遊導体50の両端子71t、72tの少なくとも1つを、可変抵抗素子を介して接地してもよい。

【0045】

【発明の効果】以上詳述したように本発明に係る請求項1記載の方向性結合器においては、第1の面に接地導体が形成された第1の誘電体の第2の面上に、互いに電磁的に結合するように近接して形成され、かつそれぞれ1/4波長の長さを有する2本の結合線路用マイクロストリップ導体を形成してなり、上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体が形成された第1の誘電体の第2の面上に上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体と互いに電磁的に結合するように近接して、第2の誘電体を介して浮遊導体を形成した方向性結合器において、上記浮遊導体の長手方向の両端を第1と第2の端子とし、上記第1と第2の端子の少なくとも1つに可変抵抗素子を介して接地し、上記可変抵抗素子の抵抗値を变化することにより、上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体間の結合度を変化させる。従って、結合度 $K$ を自由に变化させることができる方向性結合器を構成すること

ができる。また、小型・軽量の方向性結合器を構成することができる。

【0046】また、請求項2記載の方向性結合器においては、請求項1記載の方向性結合器において、上記可変抵抗素子は、直流電圧を変化させることができる可変直流電源と、上記第1又は第2の端子に接続されたドレインと、接地されたソースと、上記可変直流電源に接続されたゲートとを有する電界効果トランジスタとを備える。従って、結合度Kを自由に变化させることができる方向性結合器を構成することができる。また、小型・軽量の方向性結合器を構成することができる。

【0047】さらに、請求項3記載の方向性結合器においては、請求項1又は2記載の方向性結合器において、2本の結合線路用マイクロストリップ導体の互いに対向しない各一端を終端又は短絡とし、終端又は短絡していない2本の結合線路用マイクロストリップ導体の互いに対向しない各他端をそれぞれ入力端子と出力端子とし、上記可変抵抗素子の抵抗値を变化することにより、上記入力端子と上記出力端子との間の減衰量が变化する可変減衰器として動作する。従って、2つの端子間の減衰量が变化する可変減衰器として動作させることができる。また、小型・軽量の可変減衰器を構成することができる。

【0048】またさらに、請求項4記載の方向性結合器においては、請求項1、2又は3記載の方向性結合器において、上記2本の結合線路用マイクロストリップ導体の直下の接地導体にスロットをさらに形成した。従って、結合度Kを増大させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る第1の実施形態である1/4波長結合線路型方向性結合器の平面図及び回路図である。

【図2】 図1の方向性結合器において浮遊導体50と誘電体層22とを除去したときの平面図である。

【図3】 図1の方向性結合器のA-A'線についての縦断面図である。

【図4】 図1の方向性結合器のB-B'線についての縦断面図である。

【図5】 図1の方向性結合器において偶モードのとき( $R_v = \infty$ )の電界分布を示すA-A'線についての縦断面図である。

【図6】 図1の方向性結合器において奇モード( $R_v = \infty$ 及び $R = 0$ )のときの電界分布を示すA-A'線に

についての縦断面図である。

【図7】 図1の方向性結合器において偶モードのとき( $R_v = 0$ )の電界分布を示すA-A'線についての縦断面図である。

【図8】 図1の方向性結合器においてマイクロストリップ導体31から接地側を見たときの等価回路図を示す回路図である。

【図9】 図1の方向性結合器のシミュレーション結果である透過係数 $S_{11}$ 、 $S_{21}$ の周波数特性を示すグラフである。

【図10】 本発明に係る第2の実施形態の1/4波長結合線路型方向性結合器のシミュレーション結果である透過係数 $S_{11}$ の周波数特性を示すグラフである。

【図11】 本発明に係る第1の変形例である1/4波長結合線路型方向性結合器の(図1のA-A'線についての縦断面図に対応する)縦断面図である。

【図12】 本発明に係る第2の変形例である1/4波長結合線路型方向性結合器の(図1のA-A'線についての縦断面図に対応する)縦断面図である。

【図13】 本発明に係る第3の変形例である1/4波長結合線路型方向性結合器の(図1のA-A'線についての縦断面図に対応する)縦断面図である。

【図14】 第1の従来例の1/4波長結合線路型方向性結合器の平面図である。

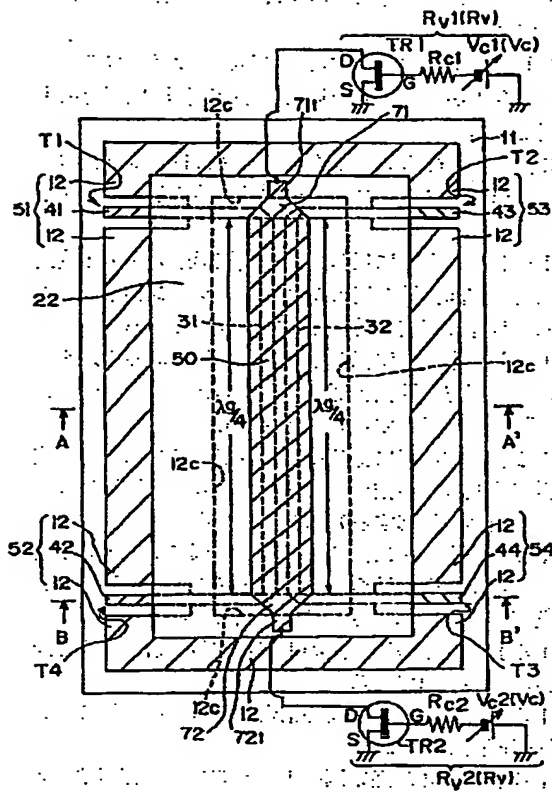
【図15】 図14の方向性結合器のC-C'線についての縦断面図である。

【図16】 第2の従来例の1/4波長結合線路型方向性結合器の縦断面図である。

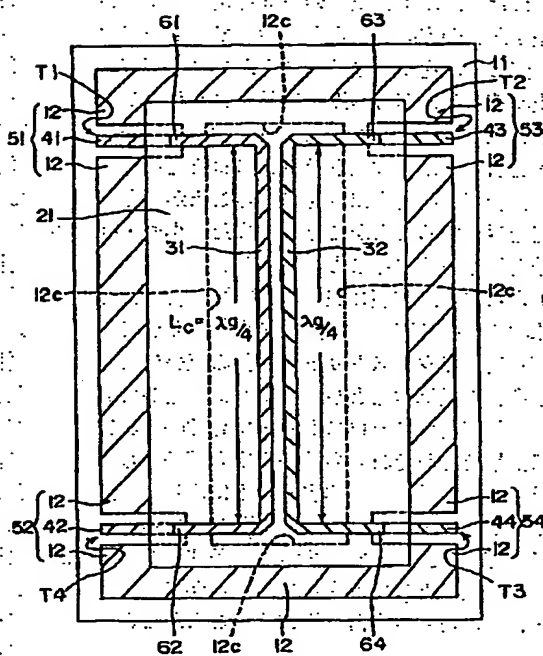
#### 【符号の説明】

- 11…誘電体基板、
- 12、13、14…接地導体、
- 12c、14c…スロット、
- 21、22…誘電体層、
- 21a…誘電体基板、
- 31、32…結合線路用マイクロストリップ導体、
- 50、60…浮遊導体、
- 71、72…接続導体、
- TR1、TR2…電界効果トランジスタ(FET)、
- Rc1、Rc2…抵抗、
- Vc1、Vc2…可変直流電源、
- Rv1、Rv2…可変抵抗素子。

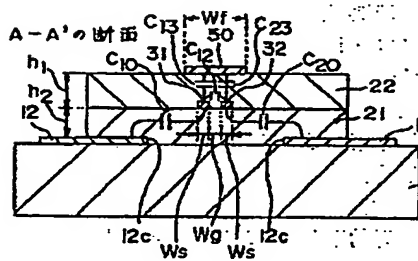
【図1】



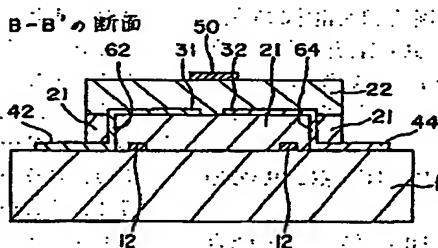
【図2】



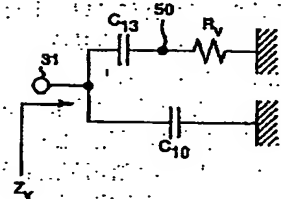
【図3】



【図4】

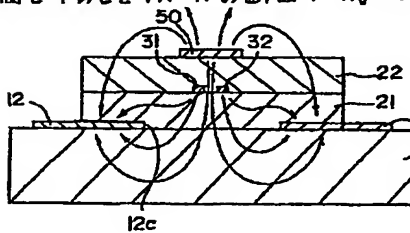


【図5】

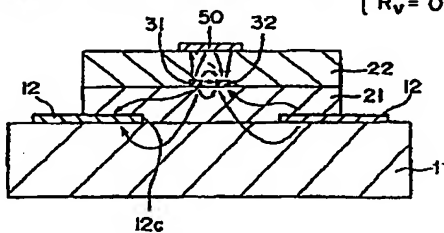


【図6】

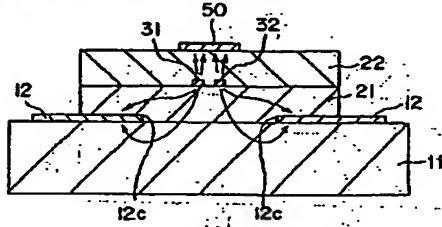
偶モードのとき (A-A'の断面)  $R_v = \infty$



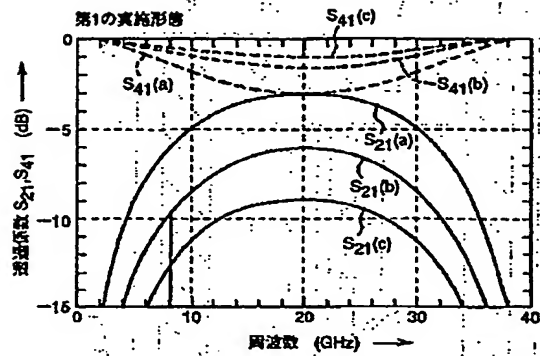
奇モードのとき (A-A'の断面)  $\begin{cases} R_v = \infty \\ R_v = 0 \end{cases}$



【図7】

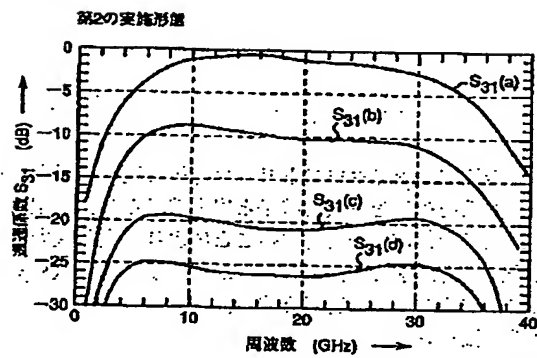
偶モードのとき (A-A'の断面)  $R=0$ 

【図9】



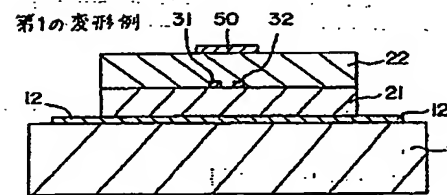
- (a)  $V_c = -3V, R_v = 10k\Omega$
- (b)  $V_c = -1V, R_v = 50\Omega$
- (c)  $V_c = -0.8V, R_v = 20\Omega$

【図10】

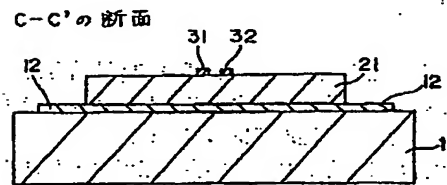


- (a)  $V_c = -3V, R_v = 10k\Omega$
- (b)  $V_c = -1V, R_v = 50\Omega$
- (c)  $V_c = -0.6V, R_v = 15\Omega$
- (d)  $V_c = +0.4V, R_v = 8\Omega$

【図11】



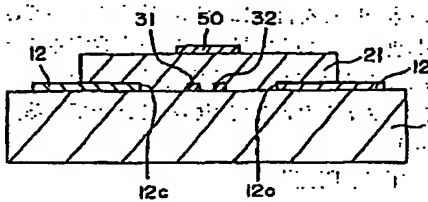
【図15】



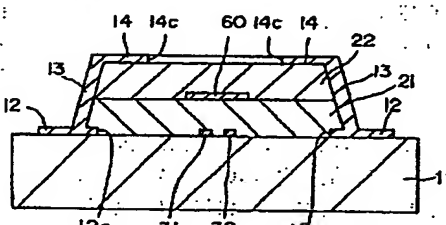
【図13】

【図12】

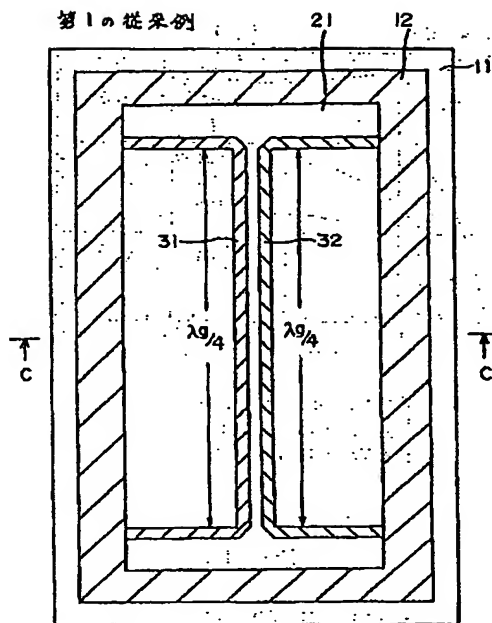
第2の変形例



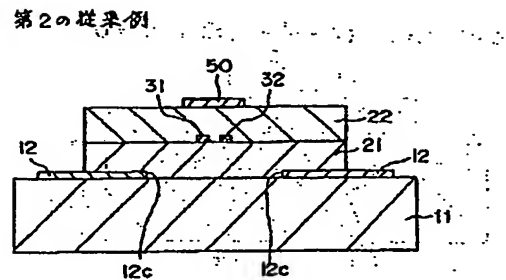
第3の変形例



【図1.4】



【図1.6】



## 【手続補正書】

【提出日】平成8年10月11日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項3

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【請求項3】 請求項1又は2記載の方向性結合器において、2本の結合線路用マイクロストリップ導体の互いに対向しない各一端を開放又は短絡とし、開放又は短絡していない2本の結合線路用マイクロストリップ導体の互いに対向しない各他端をそれぞれ入力端子と出力端子とし、

上記可変抵抗素子の抵抗値を変化することにより、上記入力端子と上記出力端子との間の減衰量が増加する可変減衰器として動作することを特徴とする方向性結合器。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0012】さらに、請求項3記載の方向性結合器は、請求項1又は2記載の方向性結合器において、2本の結合線路用マイクロストリップ導体の互いに対向しない各一端を開放又は短絡とし、開放又は短絡していない2本

の結合線路用マイクロストリップ導体の互いに対向しない各他端をそれぞれ入力端子と出力端子とし、上記可変抵抗素子の抵抗値を変化することにより、上記入力端子と上記出力端子との間の減衰量が増加する可変減衰器として動作することを特徴とする。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0033】図9から明らかなように、FETTR1、TR2への印加電圧を変化させることによって、方向性結合器の結合度Kが変化し、通過帯域の中心周波数f<sub>0</sub>を中心として対称に、端子T1から端子T4への透過係数S<sub>11</sub>と、端子T1から端子T2への透過係数S<sub>21</sub>は共に変化している。このように本発明の実施形態では、方向性結合器の結合度Kを自由に变化させることができる。また、小型・軽量の方向性結合器を構成することができる。また、この実施形態の方向性結合器を、通過量可変の帯域通過フィルタとして用いることができる。

## 【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0047】さらに、請求項3記載の方向性結合器においては、請求項1又は2記載の方向性結合器において、2本の結合線路用マイクロストリップ導体の互いに対向しない各一端を開放又は短絡とし、開放又は短絡していない2本の結合線路用マイクロストリップ導体の互いに対向しない各他端をそれぞれ入力端子と出力端子とし、

上記可変抵抗素子の抵抗値を変化することにより、上記入力端子と上記出力端子との間の減衰量に変化する可変減衰器として動作する。従って、2つの端子間の減衰量に変化する可変減衰器として動作させることができる。また、小型・軽量の可変減衰器を構成することができる。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**